

Technická univerzita v Liberci

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

**Náklady životního cyklu jako faktor ovlivňující
ekonomickou životnost zařízení – volba optimální
doby náhrady osobního automobilu**

Life cycle costs like a factor affecting system economical
life time - choice of motorcar recovery optimal time

Bakalářská práce

Autor:	Petr Smutný
Vedoucí práce:	Ing. Hana Čermáková, CSc.
Konzultant:	Ing. Jaroslav Zajíček
V Liberci	21.5.201

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 21.5.2010

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Haně Čermákové, CSc. za čas, který mi věnovala a za cenné připomínky a rady, které přispěly k vylepšení této práce.

Také bych chtěl poděkovat celé mé rodině, hlavně mé matce a otci, kteří mi byli po celou dobu mého studia duševní a hlavně psychickou podporou.

Podpis:

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je zjištění vlivu a určení nákladů na životní cyklus osobního automobilu a na jeho ekonomickou životnost a jak z těchto nákladů určit optimální dobu jeho náhrady.

K určení optimální doby náhrady osobního automobilu byla zvolena metoda adverzního minima. Tato metoda umožňuje určit průměrné náklady za definovaná časová období. Dílčí období byla určena dvojím způsobem: časovými intervaly provozu automobilu bez ohledu na intenzitu provozu a intervaly stanovenými podle frekvence provozu (ujeté vzdálenosti). Předpokladem úspěšného řešení je získání a zpracování potřebných informací o zvolených automobilech.

Výsledkem práce je analýza jednotlivých variant, tj. porovnání čtyř vybraných osobních automobilů od dvou výrobců a určení jejich optimální doby náhrady. Závěr práce tvoří porovnání výsledků jednotlivých automobilů.

Klíčová slova: automobil, adverzní minimum, náklady životního cyklu, spolehlivost

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to identify and determine the influence of life-cycle cost of a passenger car on its economic operating life and how these costs determine the optimal duration of compensation.

To determine the optimal time for reimbursement of a car was chosen method of adverse minimum. This method allows determining the average cost for a defined time period. Sub-periods were determined in two ways, which is the time interval motor, regardless of the intensity and frequency of operation according to the frequency of operation (distance). Prerequisite for a successful solution is obtaining and processing all necessary information on selected cars.

The outcome of this work is the analysis of the various options, i.e., comparing the four selected cars from two different manufacturers and to determining their optimal time for a refund. The conclusion consists of the comparison of the results of each car.

Keywords: car, adverse minimum, life cycle costs, dependability

Obsah

1	Úvod	12
2	Pojmy.....	13
3	Analýza nákladů životního cyklu	15
3.1	Cíle analýzy nákladů životního cyklu	15
3.2	Etapy životního cyklu a LCC produktu	15
3.3	Vztah spolehlivosti a LCC.....	17
3.3.1	Náklady týkající se spolehlivosti	17
3.4	Popis modelu LCC.....	18
3.5	Rozčlenění LCC na nákladové položky	19
3.5.1	Etapa koncepce a stanovení požadavků.....	19
3.5.2	Etapa návrhu a vývoje.....	20
3.5.3	Etapa výroby a instalace	20
3.5.4	Etapa provozu a údržby	20
3.5.5	Etapa vypořádání	21
3.6	Odhad nákladů	21
3.7	Proces analýzy nákladů životního cyklu	21
3.8	Plán analýzy nákladů životního cyklu	22
3.9	Použití modelu LCC	23
4	Metoda adverzního minima.....	24
4.1	Postup metody adverzního minima	24
4.2	Cíle metody adverzního minima.....	24
5	Představení hodnocených automobilů.....	25
5.1	BMW 3 (E46) 320d	25
5.2	BMW 3 (E46) 330i	26
5.3	Škoda Octavia 1.9 TDI	27
5.4	Škoda Octavia 1.6 Combi	28
6	Aplikace metody adverzního minima.....	30
6.1	Varianty použití metody adverzního minima	30
6.2	Postup řešení – metoda adverzního minima	30

6.3	Řešení metodou adverzního minima – podle časového hlediska	31
6.3.1	BMW (E46) 320d	31
6.3.2	BWM (E46) 330i	32
6.3.3	Škoda Octavia 1.9 TDI	34
6.3.4	Škoda Octavia 1.6 Combi	35
6.3.5	Souhrn výsledků podle časového hlediska	36
6.4	Řešení metodou adverzního minima – podle ujeté vzdálenosti.....	38
6.4.1	BMW (E46) 320d	38
6.4.2	BWM (E46) 330i	40
6.4.3	Škoda Octavia 1.9 TDI	42
6.4.4	Škoda Octavia 1.6 Combi	44
6.4.5	Souhrn výsledků podle ujeté vzdálenosti.....	46
6.5	Analýza výsledků	48
7	Závěr.....	50
8	Seznam literatury.....	51
	Seznam příloh	53
	Příloha A: Obsah CD	53
	Příloha B: Rozdělení celkových nákladů.....	53

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1 – Příklad použití analýzy nákladů životního cyklu	16
Obrázek 2 – Typický vztah mezi spolehlivostí a LCC v etapě provozu a údržby.....	17
Obrázek 3 – BMW (E46) 320d.....	26
Obrázek 4 – BMW (E46) 330i.....	27
Obrázek 5 – Škoda Octavia 1.9 TDI.....	28
Obrázek 6 – Škoda Octavia 1.6 Combi.....	29
Tab. 1: Parametry automobilu BMW 3 (E46) 320d	25
Tab. 2: Parametry automobilu BMW 3 (E46) 330i	26
Tab. 3: Parametry automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI	27
Tab. 4: Parametry automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi	28
Tab. 5: Celkové roční náklady automobilu BMW (E46) 320d.....	32
Tab. 6: Celkové roční náklady automobilu BMW (E46) 330i	33
Tab. 7: Celkové roční náklady automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI.....	34
Tab. 8: Celkové roční náklady automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi	35
Tab. 9: Souhrn výsledků podle časového hlediska hodnocených automobilů	36
Tab. 10: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu BMW (E46) 320d.....	39
Tab. 11: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu BMW (E46) 330i.....	41
Tab. 12: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI	43
Tab. 13: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi	45
Tab. 14: Souhrn výsledků podle ujeté vzdálenosti hodnocených automobilů.....	46
Tab. 15: Souhrn výsledků podle časového hlediska a ujeté vzdálenosti	48
Tab. 16: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu BMW (E46) 320d	55
Tab. 17: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu BMW (E46) 330i	55
Tab. 18: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI	56
Tab. 19: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi	56

Graf 1: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 320d.....	32
Graf 2: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 330i	33
Graf 3: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI.....	34
Graf 4: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi	35
Graf 5: Souhrnný graf nákladů na provoz automobilů podle let užívání.....	37
Graf 6: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 320d.....	40
Graf 7: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 330i	42
Graf 8: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI.....	44
Graf 9: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi	46
Graf 10: Souhrnný graf nákladů na provoz automobilů podle ujeté vzdálenost	47

1 Úvod

V současné době je z pohledu uživatele velice složité vybrat optimální osobní automobil. Pro správné rozhodnutí je nutné využít řadu různých kritérií. Nejprve by se měl zákazník rozhodnout, od jakého výrobce bude automobil kupovat a do jaké kategorie by měl automobil patřit. Což přímo souvisí s pořizovacími náklady na automobil. Dalšími důležitými kritérii je spolehlivost vybraného typu automobilu, dostupnost servisu pro pravidelné prohlídky nebo případné závady a v neposlední řadě ceny náhradních dílů. Náklady na tato kritéria jsou zahrnuty ve vlastnických nákladech.

Cílem této práce je určit optimální dobu náhrady osobního automobilu pomocí zjištění nákladů na jeho životní cyklus. Náklady životního cyklu jsou tvořeny náklady pořizovacími a vlastnickými. Pomocí těchto nákladů jsou vypočítány celkové kumulované náklady a použitím metody adverzního minima zjištěna optimální doba náhrady automobilu. Adverzní průměry jsou kalkulovány podle dvou časových hledisek, jimiž jsou:

- časové intervaly provozu automobilu bez ohledu na intenzitu provozu,
- intervaly podle frekvence provozu (ujeté vzdálenosti).

Optimální doba náhrady automobilu byla zjišťována pro osobní automobily:

- BMW 3 (E46) 320d,
- BMW 3 (E46) 330i,
- Škoda Octavia 1.9 TDI,
- Škoda Octavia 1.6 Combi.

Optimální doba náhrady byla zjišťována pro automobily, které již jsou používány. Vzhledem k tomu, že automobily nebyly v provozu dostatečně dlouhou dobu, musely být jejich provozní náklady z části odhadnuty, aby bylo možné výsledky metody adverzního minima vyhodnotit.

2 Pojmy

Analýza nákladů životního cyklu (life cycle costing) - je proces ekonomické analýzy pro posouzení celkových nákladů životního cyklu produktu v celém životním cyklu nebo v jeho částech. [1]

Životní cyklus (life cycle) – je časový interval od stanovení koncepce produktu po jeho vypořádání (likvidaci). [1]

Náklady životního cyklu (LCC - life cycle costs) - celkové (kumulativní) náklady na produkt v celém životním cyklu. [1]

Adverzní průměr - je podíl celkových nákladů (ceny investice a nákladů na opravy a údržbu) k počtu let užívání investice. [2]

Spolehlivost - je to schopnost objektu plnit po určitou dobu požadované funkce při zachování provozních parametrů daných technickými podmínkami a tedy uchovat si svou kvalitu v daných podmínkách využit. [2]

Provozní náklady - náklady spojené s využíváním výrobku (např. materiál a energie spotřebovávané při provozu výrobku). [2]

Pořizovací náklady - jednorázové a v dalším časovém období využívání výrobku prakticky neovlivnitelné:

- nákupní cena výrobku (obsahuje náklady na výzkum, vývoj a výrobu atd.),
- další náklady (například náklady na instalaci výrobku, vyškolení obsluhy, apod.). [3]

Vlastnické náklady - závislé na dalších faktorech spojených s využíváním výrobku:

- náklady na provoz výrobku,
- náklady na nápravnou údržbu,
- náklady na preventivní údržbu. [3]

Náklady na preventivní údržbu - náklady spojené s prováděním údržby v předem stanovených intervalech nebo podle předepsaných kritérií se zaměřením na snížení pravděpodobnosti výskytu poruchy nebo k zamezení snížení funkční schopnosti výrobku. [2]

Náklady na údržbu po poruše – jsou náklady spojené s údržbou prováděnou po zjištění poruchového stavu a zaměřenou na uvedení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci. [3]

Bezporuchovost – Schopnost objektu plnit požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. [3]

Udržovatelnost - Schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo se vrátit do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a prostředky. [3]

Zajištěnost údržby - Schopnost organizace poskytující údržbářské služby zajišťovat podle požadavků v daných podmínkách prostředky potřebné pro údržbu podle dané koncepce údržby. [3]

3 Analýza nákladů životního cyklu

3.1 Cíle analýzy nákladů životního cyklu

Cílem vypracování modelů LCC je zjistit náklady, které mohou mít velký dopad, nebo mohou ovlivňovat náklady LCC pouze v malém rozsahu, nebo mohou být předmětem zvláštního zájmu pro specifickou aplikaci.

Analýza LCC může poskytnout důležité informace pro rozhodovací procesy:

- vyhodnocení a porovnání alternativních návrhových přístupů a volitelných technologií vypořádání (likvidace),
- posouzení ekonomické realizovatelnosti projektů,
- zjištění položek, které přispívají k nákladům, a nákladově efektivních zlepšení,
- vyhodnocení a porovnání alternativních strategií použití, provozu, zkoušek, kontroly, údržby atd. produktu,
- vyhodnocení a porovnání různých přístupů k výměně, obnovení/prodloužení života nebo vyřazení stárnoucího vybavení,
- dlouhodobého finančního plánování. [1]

3.2 Etapy životního cyklu a LCC produktu

Existuje šest hlavních etap životního cyklu produktu:

- a) etapa koncepce a stanovení požadavků
- b) etapa návrhu a vývoje
- c) etapa výroby
- d) etapa instalace
- e) etapa provozu a údržby
- f) etapa vypořádání (likvidace) [4]

Obecně lze celkové náklady vynaložené během uvedených etap rozdělit na pořizovací náklady, vlastnické náklady a náklady na vypořádání (likvidaci).

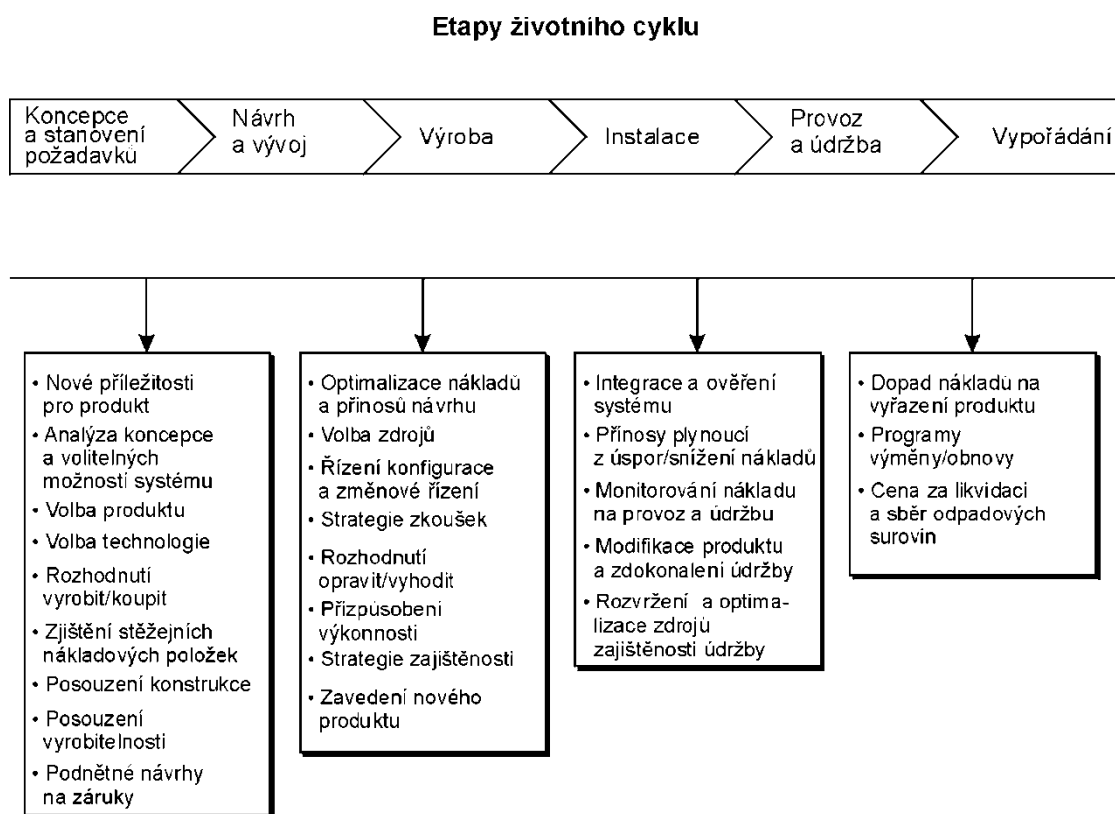
$$\text{LCC} = \text{Pořizovací náklady} + \text{Vlastnické náklady} + \text{Náklady na vypořádání}$$

Pořizovací náklady jsou všeobecně zjistitelné a mohou být snadno vyhodnoceny před rozhodnutím o pořízení produktu a mohou do nich být zahrnuty náklady na instalaci.

Vlastnické náklady často tvoří hlavní složku nákladů LCC. Velmi často přesahují pořizovací náklady a nejsou snadno viditelné. Tyto náklady je obtížné předpovědět a mohou do nich být zahrnuty náklady na instalaci.

Náklady na vypořádání (likvidaci) mohou představovat významnou část celkových nákladů LCC. V zákonech mohou být požadovány činnosti prováděné v etapě vypořádání. [4]

Na obrázku 1 jsou znázorněny etapy životního cyklu produktu společně s některými hlavními tématy, na které je třeba se zaměřit při studiu problematiky analýzy nákladů životního cyklu.



Obrázek 1 – Příklad použití analýzy nákladů životního cyklu [1]

3.3 Vztah spolehlivosti a LCC

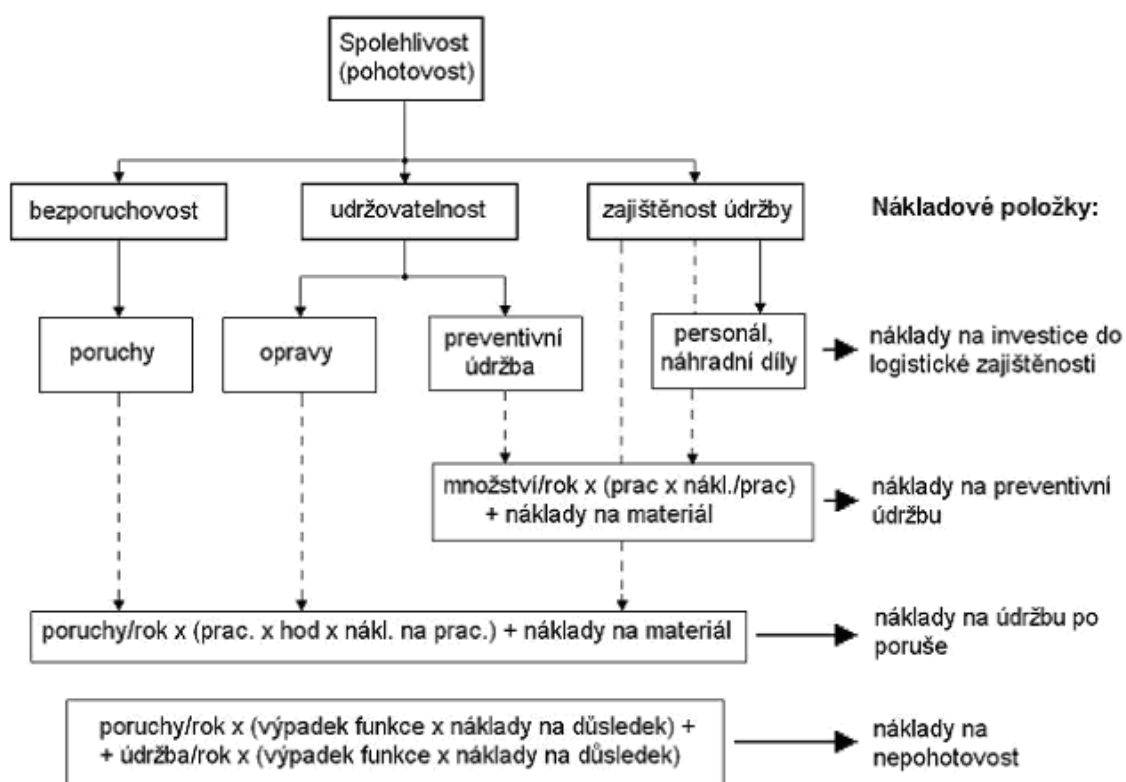
Spolehlivost produktu je souhrnný termín, který zahrnuje faktory ovlivňující pohotovost produktu, jako jsou bezporuchovost, udržitelnost a zajištění údržby. Vyšší počáteční náklady mohou vést ke zlepšení bezporuchovosti nebo udržitelnosti a tím se mohou snížit náklady provozní a náklady na údržbu.

3.3.1 Náklady týkající se spolehlivosti

Náklady spojené s jednotlivými prvky spolehlivosti mohou zahrnovat:

- pořizovací náklady,
- náklady na obnovu systému včetně nákladů na údržbu po poruše,
- náklady na preventivní údržbu.

Na obrázku 2 jsou zvýrazněny prvky spolehlivosti převedené na náklady na provoz a údržbu.



Obrázek 2 – Typický vztah mezi spolehlivostí a LCC v etapě provozu a údržby [3]

3.4 Popis modelu LCC

Model LCC je zjednodušeným znázorněním reálného produktu. Ze skutečnosti vybírá význačné rysy a hlediska z produktu a převádí se na vztahy při odhadování nákladů. Aby byl model realistický, má:

- představovat znaky analyzovaného produktu včetně jeho zamýšleného prostředí použití, koncepce údržby, scénářů provozu a zajištění údržby, jakož i jakýchkoliv omezení,
- být natolik komplexní, aby obsahoval a zdůrazňoval všechny činitele, které se týkají LCC,
- být dostatečně jednoduchý, aby byl snadno pochopitelný a bylo jej možné aktuálně používat při rozhodování,
- být navržen tak, aby umožňoval vyhodnotit specifické položky LCC nezávisle na jiných položkách.

Jednoduchý model LCC má v zásadě účetní strukturu. Tato struktura obsahuje matematické výrazy pro odhad nákladů spojených s každou nákladovou položkou, která tvoří LCC.

Mnoho produktů je navrženo, aby měly velmi dlouhý technický život. U takových produktů se řada nákladových položek, například náklady na funkční změny nebo na zdokonalení produktu, bude vyskytovat v určitých intervalech během života produktu a do modelu se mají začlenit techniky, které umožňují s takovými položkami zacházet.

Do modelování LCC se zahrnuje:

- struktura rozčlenění nákladů,
- struktura rozčlenění produktu/práce,
- volba kategorií nákladů,
- volba nákladových položek,
- odhad nákladů,
- prezentace výsledků.

Struktura rozčlenění nákladů odpovídá nákladům vynaloženým v hlavních etapách životního cyklu produktu.

Struktura rozčlenění produktu/práce je složena z podrobného rozčlenění hardwaru, služeb a dat, v němž jsou identifikovány všechny hlavní úkoly a balíky zajišťujících prací.

Podrobné výrazy pro náklady na různé etapy je možné vypracovat samostatně. Nákladové položky, faktory mají mít jedinečnou identitu. V situaci, kdy analýzy pokrývají několik etap, by měla být identita nákladových položek, faktorů jedinečná v celém modelu LCC. [1]

3.5 Rozčlenění LCC na nákladové položky

Pro odhad celkových nákladů životního cyklu je nutné rozčlenit celkové náklady LCC na nákladové položky. Nákladové položky se mají jednotlivě zjišťovat tak, aby mohly být jasně stanoveny a odhadnuty.

Nákladová položka je spojnicí mezi kategoriemi nákladů a strukturou rozčlenění produktu. Volba nákladových položek má souviset se složitostí produktu, jakož i s kategoriemi nákladů, které jsou předmětem zájmu.

Náklady spojené s položkami LCC mohou být dále rozvrženy na jednorázové a opakované náklady tak, aby se součet všech jednorázových a opakovaných nákladů rovnal LCC. Položky LCC lze též odhadnout v podobě fixních a variabilních nákladů. Variabilní náklady se zpravidla mění například s počtem produktů, které se mají vyrobit.

Pro usnadnění řízení a rozhodování a k podpoře procesu analýzy nákladů životního cyklu se mají shromažďovat informace o nákladech a mají se o nich podávat zprávy. Aby se získaly výsledky předchozích studií LCC, má se zřídit a udržovat databáze, která by sloužila jako zdroj pro vytvoření zpětné vazby na základě zkušeností.

Každá etapa životního cyklu obsahuje činnosti, které přispívají k nákladům na tuto etapu. Návrh, vývoj, výroba, instalace, provoz, údržba a vypořádání hardwaru i softwaru zahrnují činnosti, které přispívají k LCC. [5]

3.5.1 *Etapa koncepce a stanovení požadavků*

Náklady na vypracování koncepce a stanovení požadavků se přičítají činnostem prováděným pro zajištění realizovatelnosti uvažovaného produktu. Mezi tyto náklady patří náklady na průzkum trhu, management projektu, analýzu koncepce a návrhu produktu, přípravu specifikace požadavků na produktu. [5]

3.5.2 *Etapa návrhu a vývoje*

Náklady na návrh a vývoj se přičítají plnění specifikace požadavků na produkt a poskytování důkazů o shodě. Do této skupiny patří náklady na management projektu, návrhovou dokumentaci, vývoj softwaru, volbu prodejce a management jakosti atd. [5]

3.5.3 *Etapa výroby a instalace*

Náklady na výrobu a instalaci se kvantifikují v podobě nákladů na zhotovení nezbytného počtu kusů produktu nebo na poskytování specifikované nepřetržité služby. Náklady se v této etapě dále dělí na náklady jednorázové, a na náklady opakované.

Jednorázové náklady jsou náklady na průmyslové inženýrství a analýzu provozních operací, počáteční náhradní díly a soupravy pro opravy a dokumentaci atd.

Opakované náklady jsou náklady na údržbu vybavení, montáž, instalaci a výstupní kontrolu, balení, skladování, expedici a přepravu atd. [5]

3.5.4 *Etapa provozu a údržby*

Náklady na provoz, údržbu a na zajištěnost produktů a podpůrných zařízení se vynakládají po celou dobu očekávaného života produktu.

Náklady spojené s provozem se dělí na jednorázové a opakované. Mezi jednorázové náklady patří náklady na počáteční zácvik pracovníků, na dokumentaci, počáteční náhradní díly, lepší vybavení a speciální nástroje. Mezi opakované náklady patří náklady na pracovní síly, spotřební materiál, energii, průběžné školení a výcvik a na vylepšení softwaru.

Náklady spojené s preventivní údržbou se dělí na jednorázové, opakované a na náklady výměny dílů s omezenou životností. Mezi jednorázové náklady patří náklady na pořízení zkušebního zařízení a nástrojů, na počáteční náhradní díly a spotřební materiál a na počáteční zácvik pracovníků a počáteční dokumentaci a vybavení. Mezi opakované náklady patří náklady na pracovní síly, náhradní díly, spotřební materiál, průběžné školení a výcvik a na dokumentaci.

Náklady spojené s údržbou po poruše se dělí na jednorázové, opakované a na vyvolané náklady způsobené ztrátou výroby nebo způsobilosti včetně nákladů na odškodnění a ztrátu příjmů. Mezi jednorázové náklady patří náklady na zkušební zařízení, nástroje, počáteční náhradní díly, počáteční zácvik pracovníků, počáteční dokumentaci a vybavení. Mezi opakované náklady patří náklady na pracovní síly, náhradní díly a spotřební materiál, na průběžný výcvik a školení a na dokumentaci. [5]

3.5.5 Etapa vypořádání

Do této kategorie se zahrnují náklady na vyřazení a vypořádání (likvidaci) starších verzí produktů. Mezi tyto náklady patří náklady na odstavení systému, oficiální ukončení provozu, rozebrání a odklizení, recyklování nebo bezpečnou likvidaci. [5]

3.6 Odhad nákladů

Mezi příklady metod, které je možné použít k odhadu parametrů nákladové položky, se zahrnuje:

- technická metoda odhadu nákladů – při odhadu nákladů se atributy nákladů konkrétních nákladových položek přímo odhadují vyšetřováním jedné součástky produktu po druhé nebo jednoho jeho dílu po druhém,
- metoda odhadu nákladů na základě analogie - při odhadu nákladů se postupuje na základě zkušeností s obdobným produktem,
- parametrická metoda odhadu nákladů – při odhadu nákladů se k vypracování vztahů při odhadování nákladů používají parametry a proměnné.

Při provádění analýzy nákladů životního cyklu určitého produktu je možné použít jednu metodu nebo více těchto metod nebo jiné metody, podle toho, co je vhodné. [1]

3.7 Proces analýzy nákladů životního cyklu

Do analýzy nákladů životního cyklu se zahrnuje zjišťování a vyhodnocování nákladů spojených s pořízením, vlastnictvím a vypořádáním (likvidací) produktu během jeho životního cyklu. K dosažení výsledků, které lze užitečně a správně využít, se má každá analýza nákladů životního cyklu provádět strukturovaným a dobře dokumentovaným způsobem s podle následujících kroků:

- a) plán analýzy nákladů životního cyklu (včetně stanovení cílů analýzy životního cyklu),
- b) volba nebo vypracování modelu LCC,
- c) použití modelu LCC,
- d) dokumentace analýzy nákladů životního cyklu,
- e) přezkoumání výsledků analýzy nákladů životního cyklu,
- f) aktualizace analýzy.

[1]

3.8 Plán analýzy nákladů životního cyklu

Analýza nákladů životního cyklu má začínat vypracováním plánu, který je zaměřen na účel a rozsah platnosti analýzy. Plán se má zaměřit na následující prvky:

- a) Definují se cíle analýzy v podobě výstupů, které má analýza poskytnout, a činí se rozhodnutí, při nichž se budou výsledky analýzy používat jako jejich podklady. Mezi cíle, které se typicky požadují, se zahrnuje:
 - stanovení nákladů LCC pro produkt jako podklad pro plánování, vypracování smluv, vypracování rozpočtu nebo podobné potřeby,
 - vyhodnocení dopadu alternativních směrů opatření na náklady LCC produktu,
 - zjištění nákladových položek, které nejvíce přispívají k nákladům LCC produktu, aby se na ně soustředilo úsilí při návrhu, vývoji, pořizování nebo zajištění produktu. [1]
- b) Stanoví se rozsah platnosti analýzy v podobě studovaného produktu, uvažovaného období, provozního prostředí a použitých scénářů zajištění údržby. [1]
- c) Zjistí se základní podmínky, předpoklady a omezení, které mohou omezit rozsah přijatelných volitelných možností, jež se budou vyhodnocovat. [1]
- d) Zjistí se alternativní směry opatření, které se budou vyhodnocovat. Seznam navržených alternativ může být zpřesněn, pokud se zjistí nové volitelné možnosti nebo pokud se shledá, že existující volitelné možnosti překračují vymezení problému. [1]
- e) Poskytne se odhad požadovaných zdrojů a časový plán podávání zpráv o analýze, aby bylo zajištěno, že budou výsledky analýzy včas dostupné jako podklady při rozhodovacích procesech, pro něž se požadují. [1]
- f) Plán analýzy má být dokumentován na začátku procesu analýzy LCC, aby určil hlavní směr zaměření ostatní práce. Zamýšlení uživatelé výsledků analýzy mají plán přezkoumat jak z hlediska zákazníka, tak z hlediska dodavatele, aby bylo zajištěno, že byly jejich potřeby řádně interpretovány a jasně určeny. [1]

3.9 Použití modelu LCC

Analýza nákladů životního cyklu má obsahovat následující kroky:

- a) Získání dat o všech základních nákladových položkách v modelu LCC pro všechny volitelné možnosti, subsystemy a kombinace zajišťujících volitelných možností produktu. [1]
- b) Provedení analýzy LCC u provozních scénářů produktu stanovených v plánu analýzy. [1]
- c) Vypracování zprávy o analýzách s ohledem na zjištění optimálního scénáře zajištěnosti. [1]
- d) Prozkoumání vstupů a výstupů modelu LCC, aby se stanovily nákladové položky, které mají nejvýznamnější dopad na analýzy. [1]
- e) Kvantifikace jakýchkoliv rozdílů výkonnosti, pohotovosti nebo jiných příslušných omezení produktu mezi studovanými volitelnými možnostmi, pokud se tyto rozdíly přímo neodrážejí ve výstupech modelu LCC. [1]
- f) Zařazení výstupů modelu LCC do kategorií podle jakýchkoliv logických hledisek seskupování, například jako fixní a variabilní náklady, jednorázové a opakované náklady, pořizovací a vlastnické náklady a náklady na vypořádání (likvidaci), jakož i přímé a nepřímé náklady, které mohou mít pro uživatele výsledků analýzy význam. [1]
- g) Provedení analýzy citlivosti, aby se vyšetřily dopady předpokladů a nejistot nákladových položek na výsledky modelu LCC. Zvláštní pozornost je třeba zaměřit na nákladové položky, které nejvíce přispívají k celkovým nákladům, a na předpoklady týkající se použití produktu a hodnoty peněz v daném čase. [1]
- h) Přezkoumání výstupů LCC ve vztahu k cílům stanoveným v plánu analýzy pro ujištění, že byly všechny cíle splněny a že byly poskytnuty dostatečné informace, které budou podkladem pro požadované rozhodnutí. [1]

4 Metoda adverzního minima

4.1 Postup metody adverzního minima

Metoda adverzního minima je založena na výpočtu průměrných nákladů podle vzorce:

$$\text{Adverzní průměr} = \text{Celkové kumulované náklady} / \text{Počet období užívání produktu}$$

Celkové kumulované náklady se skládají z nákladů:

- pořizovacích,
- vlastnických.

Časové období je stanoveno dobou užívání produktu – v našem případě automobilu (rok, měsíc, atd.). Vzhledem k nerovnoměrnosti vytížení automobilů v jednotlivých letech jsme variantně vymezili dílčí období také počtem najetých kilometrů.

4.2 Cíle metody adverzního minima

Cílem použití metody adverzního minima je zjistit dobu, při které celkové náklady za období (rok, měsíc, období vymezené definovaným počtem najetých kilometrů) budou nejnižší. Minimální zjištěnou hodnotu adverzního průměru (definice viz. kapitola 2) nazýváme adverzní minimum. Odpovídající období pak bude optimální doba pro výměnu produktu (automobilu). Po této době budou mít průměrné kumulované náklady rostoucí tendenci, a proto využívání produktu bude ekonomicky neefektivní.

5 Představení hodnocených automobilů

V této kapitole je uveden výčet automobilů a jejich parametry, u kterých je zjišťováno optimální doba jejich náhrady. Jedná se o automobily – BMW 3 (E46) 320d, BMW 3 (E46) 320d, Škoda Octavia 1.9 TDI, Škoda Octavia 1.6 Combi.

5.1 BMW 3 (E46) 320d

BWM 3 (E46) 320d je model třetí řady. Jedná se o její čtvrtou generaci v provedení karoserie Sedan. Tato generace byla vyráběna od roku 1998, až do roku 2005, kdy bylo prodáno 561 249 vozů po celém světě. Automobil patří do střední třídy a jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 1. Automobil byl využíván na běžný denní provoz, ale také na delší cesty na dovolenou. Automobil je v nadstandardní výbavě, která obsahuje palubní počítač, xenonové světlomety, kožené čalounění, elektrické ovládání oken a vyhřívaná sedadla. Na obrázku 3 je uvedena informační fotografie automobilu.

Tab. 1: Parametry automobilu BMW 3 (E46) 320d

Parametry	BMW 320d
Rok výroby	2000
Motor	vznětový
Druh paliva	nafta
Zdvihový objem motoru	1951 ccm
Výkon	100 kW / 136 k
Převodovka	manuální
Počet rychlostních stupňů	5
Točivý moment	280 Nm
Spotřeba paliva kombinovaná	5,8 l
Max. rychlost	207 km/h
Zrychlení 0-100 km/h	9,2 s
Rozměry D/Š/V	4471 x 1739 x 1415 mm
Objem palivová nádrž	63 l
Objem zavazadlového prostoru	440 l
Pohotovostní hmotnost	1450 kg
Počet airbagů	2
Najeto	227 000 km
cena	1 212 600 Kč



Obrázek 3 – BMW (E46) 320d [6]

5.2 BMW 3 (E46) 330i

BMW 3 (E46) 330i je model třetí řady. Jedná se o její čtvrtou generaci v provedení karoserie Touring. Automobil patří do střední třídy a jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 2. Automobil byl využíván na běžný denní provoz. Automobil je v nadstandardní výbavě, která obsahuje palubní počítač, parkovací asistent, xenonové světlomety, kožené čalounění, elektrické ovládání oken, vyhřívaná sedadla, ostřikovače světel a elektricky ovládané střešní okno. Na obrázku 4 je uvedena informační fotografie automobilu.

Tab. 2: Parametry automobilu BMW 3 (E46) 330i

Parametry	BMW 330i
Rok výroby	2001
Motor	zážehový
Druh paliva	benzín
Zdvihový objem motoru	2979 ccm
Výkon	170 kW / 231 k
Převodovka	manuální
Počet rychlostních stupňů	6
Točivý moment	300 Nm
Spotřeba paliva kombinovaná	10 l
Max. rychlost	243 km/h
Zrychlení 0-100 km/h	6,8 s
Rozměry D/Š/V	4478 x 1739 x 1409 mm
Objem palivová nádrž	63 l
Objem zavazadlového prostoru	435 l
Pohotovostní hmotnost	1505 kg
Počet airbagů	6
Najeto	115 300 km
cena	1 524 000 Kč



Obrázek 4 – BMW (E46) 330i [6]

5.3 Škoda Octavia 1.9 TDI

Škoda Octavia 1.9 TDI je v provedení karoserie Liftback a je ve výbavě SLX. Škoda Octavia se začala vyrábět v roce 1996 a její druhá generace je vyráběna dodnes. Automobil patří do nižší střední třídy a jeho parametry jsou uvedeny tabulce 3. Automobil byl používán jako služební ve stavebnictví. Automobil se často musel vypořádat s plně naloženým vozíkem a plně naloženým zavazadlovým prostorem. Na obrázku 5 je uvedena informační fotografie automobilu.

Tab. 3: Parametry automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI

Parametry	Škoda Octavia 1,9 TDI
Rok výroby	2000
Motor	vznětový
Druh paliva	nafta
Zdvihový objem motoru	1896 ccm
Výkon	66 kW / 90 k
Převodovka	manuální
Počet rychlostních stupňů	5
Točivý moment	210 Nm
Spotřeba paliva kombinovaná	5,1 l
Max. rychlost	182 km/h
Zrychlení 0-100 km/h	13,7 s
Rozměry D/Š/V	4507 x 1731 x 1431 mm
Objem palivová nádrž	55 l
Objem zavazadlového prostoru	528 l
Pohotovostní hmotnost	1345 kg
Počet airbagů	2
Najeto	329 100 km
Cena	535 000 Kč



Obrázek 5 – Škoda Octavia 1.9 TDI [7]

5.4 Škoda Octavia 1.6 Combi

Škoda Octavia 1.6 je v provedení karoserie Combi a je ve výbavě Elegance. Automobil patří do nižší střední třídy a jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 4. Automobil byl využíván nejprve na běžné denní ježdění. Později byl používán jako služební automobil. Na obrázku 6 je uvedena informační fotografie automobilu.

Tab. 4: Parametry automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi

Parametry	Škoda Octavia 1,6 Combi
Rok výroby	2001
Motor	zážehový
Druh paliva	benzín
Zdvihový objem motoru	1595 ccm
Výkon	75 kW / 102 k
Převodovka	manuální
Počet rychlostních stupňů	5
Točivý moment	148 Nm
Spotřeba paliva kombinovaná	9,5 l
Max. rychlost	190 km/h
Zrychlení 0-100 km/h	12,8 s
Rozměry D/Š/V	4513 x 1731 x 1457 mm
Objem palivové nádrže	55 l
Objem zavazadlového prostoru	548 l
Pohotovostní hmotnost	1295 kg
Počet airbagů	2
Najeto	175 900 km
Cena	523 900 Kč



Obrázek 6 – Škoda Octavia 1.6 Combi [7]

6 Aplikace metody adverzního minima

Cílem této kapitoly je získat, zpracovat a porovnat informace o nákladech na provoz čtyř automobilů, jejichž charakteristiky jsou uvedeny v kapitole 5, pomocí metody adverzního minima.

Výstupem analýzy by mělo být stanovení optimální doby, kdy by měl být každý zkoumaný automobil nahrazen.

6.1 Varianty použití metody adverzního minima

Pro určení optimální doby náhrady musíme nejprve určit, podle kterého kriteria budeme postupovat. Použijeme dva přístupy stanovení dílčích období hodnocení:

- časové intervaly provozu automobilu bez ohledu na intenzitu provozu,
- intervaly podle frekvence provozu (ujeté vzdálenosti).

6.2 Postup řešení – metoda adverzního minima

Při této metodě budou celkové náklady zjištěny pro vymezené časové intervaly, podle dvou stanovených přístupů (viz. kapitola 6.1). Celkové náklady tvoří tyto náklady:

- pořizovací,
- provozní,
- na preventivní údržbu,
- po poruše.

Celkové náklady tvoří součet nákladů pořizovacích, provozních, na preventivní údržbu a po poruše.

Do pořizovacích nákladů byly zahrnuty položky:

- pořizovací cena automobilu,
- cena povinné výbavy a pomocné výbavy [8],
- cena za nové pneumatiky [7], [9],
- cena za nové disky kol [7], [9].

Provozní náklady obsahují náklady:

- na palivo pro automobil [10],
- na povinné pojištění,
- na poplatky spojené s používáním dálnic [11].

Náklady na preventivní údržbu obsahují náklady:

- na technickou kontrolu a měření emisí [12],
- na výměnu oleje a dalších provozních kapalin [7],[8],[13],
- na pravidelné servisní prohlídky [7],[8],[13],
- na přípravu automobilu a na provoz v určitém ročním období [8].

Náklady po poruše obsahují náklady:

- na opravu poškozených dílů [8],[13],[14],[15],
- na výměnu poškozených dílů [8],[13],[15],
- náklad na práci spojenou s odstraněním poruchy [8],[13],[15].

Dalším krokem je výpočet celkových kumulovaných nákladů, které získáme součtem celkových nákladů za jednotlivá období. Návazně lze pro každé období vypočítat hodnotu adverzního průměru. Adverzní průměr je podíl mezi kumulovanými náklady a počtem vymezených období (viz. kapitola 6.1) používání automobilu.

6.3 Řešení metodou adverzního minima – podle časového hlediska

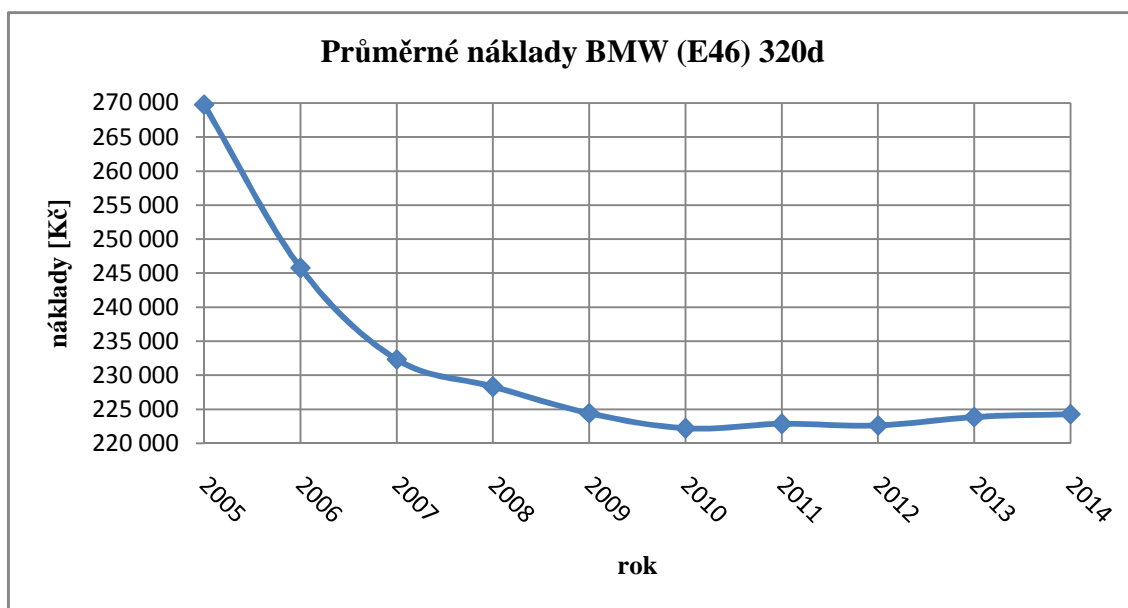
Celkové náklady pro dílčí časová období jsou počítány za jeden kalendářní rok, tzn. za období od ledna až do prosince.

6.3.1 BMW (E46) 320d

Data o nákladech na provoz pro automobil BMW (E46) 320d byla získána za období od června 2000 až do března 2009. Náklady na budoucí provoz automobilu od dubna 2009 až do prosince 2014 jsou odhadnuty. Celkové náklady za jednotlivé roky pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 5. V tabulce je zvýrazněn rok, od kterého dochází k odhadu nákladů. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 1, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů. Pro názornost, aby bylo zřetelnější adverzní minimum, začíná graf 1 až od roku 2005.

Tab. 5: Celkové roční náklady automobilu BMW (E46) 320d

rok	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
2000	1 267 491	1 267 491	1 267 491
2001	51 412	1 318 903	659 452
2002	56 258	1 375 161	458 387
2003	70 625	1 445 786	361 447
2004	107 585	1 553 371	310 674
2005	65 176	1 618 547	269 758
2006	101 743	1 720 290	245 756
2007	138 286	1 858 576	232 322
2008	196 246	2 054 822	228 314
2009	189 377	2 244 199	224 420
2010	200 000	2 444 199	222 200
2011	230 000	2 674 199	222 850
2012	220 000	2 894 199	222 631
2013	240 000	3 134 199	223 871
2014	230 000	3 364 199	224 280

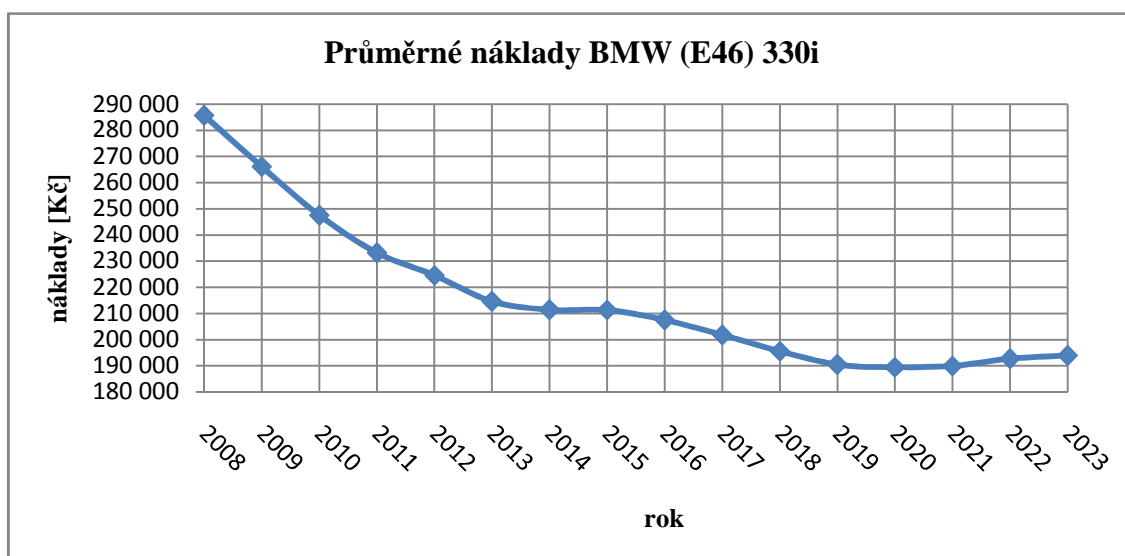
**Graf 1: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 320d**

6.3.2 BWM (E46) 330i

Data o nákladech na provoz pro automobil BMW (E46) 330i byla získána za období od května 2001 až do října 2008. Náklady na budoucí provoz automobilu od listopadu 2008 až do prosince 2023 jsou odhadnuty. Celkové náklady za jednotlivé roky pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 6. V tabulce je zvýrazněn rok, od kterého dochází k odhadu nákladů. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 2, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů. Pro názornost, aby bylo zřetelnější adverzní minimum, začíná graf 2 až od roku 2008.

Tab. 6: Celkové roční náklady automobilu BMW (E46) 330i

rok	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
2001	1 598 621	1 598 621	1 598 621
2002	67 118	1 665 739	832 870
2003	63 095	1 728 834	576 278
2004	108 607	1 837 441	459 360
2005	124 534	1 961 975	392 395
2006	89 384	2 051 359	341 893
2007	140 666	2 192 025	313 146
2008	92 931	2 284 956	285 620
2009	110 000	2 394 956	266 106
2010	80 000	2 474 956	247 496
2011	90 000	2 564 956	233 178
2012	130 000	2 694 956	224 580
2013	95 000	2 789 956	214 612
2014	170 000	2 959 956	211 425
2015	210 000	3 169 956	211 330
2016	150 000	3 319 956	207 497
2017	110 000	3 429 956	201 762
2018	90 000	3 519 956	195 553
2019	100 000	3 619 956	190 524
2020	170 000	3 789 956	189 498
2021	200 000	3 989 956	189 998
2022	250 000	4 239 956	192 725
2023	220 000	4 459 956	193 911



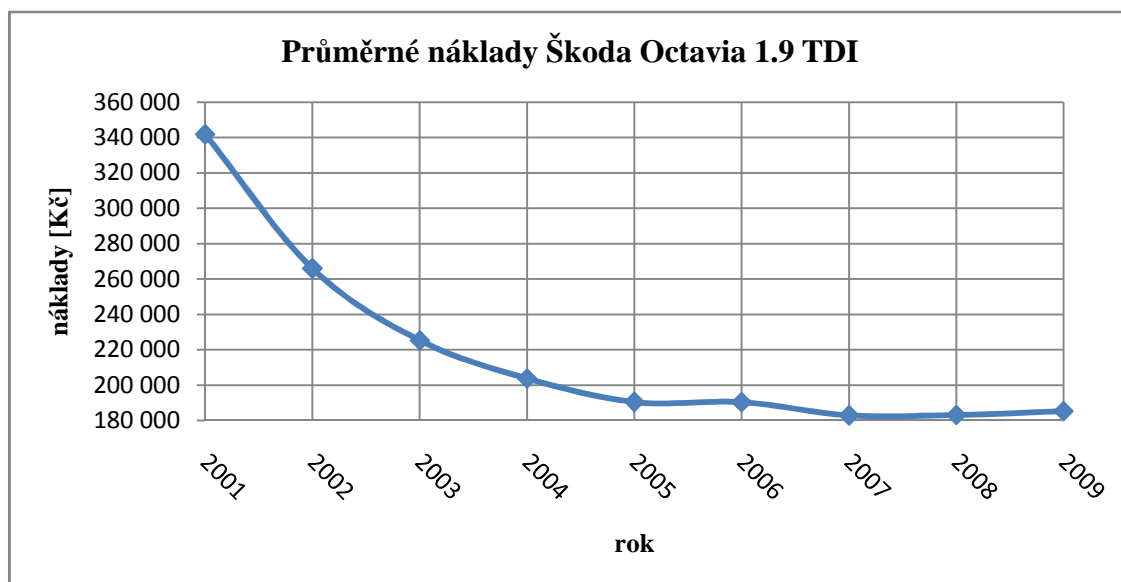
Graf 2: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 330i

6.3.3 Škoda Octavia 1.9 TDI

Data o nákladech na provoz pro automobil Škoda Octavia 1.9 TDI byla získána za období od června 2000 až do července 2006. Náklady na budoucí provoz automobilu od srpna 2006 až do prosince 2009 jsou odhadnuty. Celkové náklady za jednotlivé roky pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 7. V tabulce je zvýrazněn rok, od kterého dochází k odhadu nákladů. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 3, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů. Pro názornost, aby bylo zřetelnější adverzní minimum, začíná graf 3 až od roku 2001.

Tab. 7: Celkové roční náklady automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI

rok	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
2000	597 409	597 409	597 409
2001	86 130	683 539	341 770
2002	114 278	797 817	265 939
2003	103 165	900 982	225 246
2004	118 041	1 019 023	203 805
2005	123 779	1 142 802	190 467
2006	190 000	1 332 802	190 400
2007	130 000	1 462 802	182 850
2008	185 000	1 647 802	183 089
2009	205 000	1 852 802	185 280



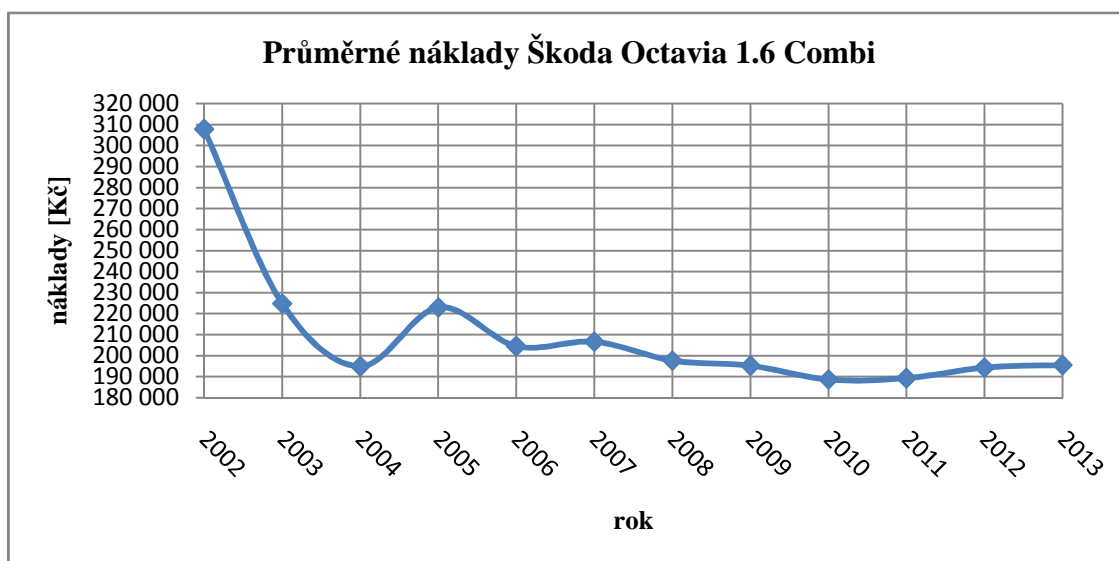
Graf 3: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI

6.3.4 Škoda Octavia 1.6 Combi

Data o nákladech na provoz pro automobil Škoda Octavia 1.6 Combi byla získána za období od listopadu 2001 až do května 2008. Náklady na budoucí provoz automobilu od června 2008 až do prosince 2013 jsou odhadnuty. Celkové náklady za jednotlivé roky pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 8. V tabulce je zvýrazněn rok, od kterého dochází k odhadu nákladů. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 4, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů. Pro názornost, aby bylo zřetelnější adverzní minimum, začíná graf 4 až od roku 2002.

Tab. 8: Celkové roční náklady automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi

rok	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
2001	540 220	540 220	540 220
2002	75 226	615 446	307 723
2003	59 036	674 482	224 827
2004	105 139	779 621	194 905
2005	335 364	1 114 985	222 997
2006	112 081	1 227 066	204 511
2007	219 737	1 446 803	206 686
2008	135 177	1 581 980	197 748
2009	175 000	1 756 980	195 220
2010	130 000	1 886 980	188 698
2011	195 000	2 081 980	189 271
2012	250 000	2 331 980	194 332
2013	210 000	2 541 980	195 537



Graf 4: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi

6.3.5 Souhrn výsledků podle časového hlediska

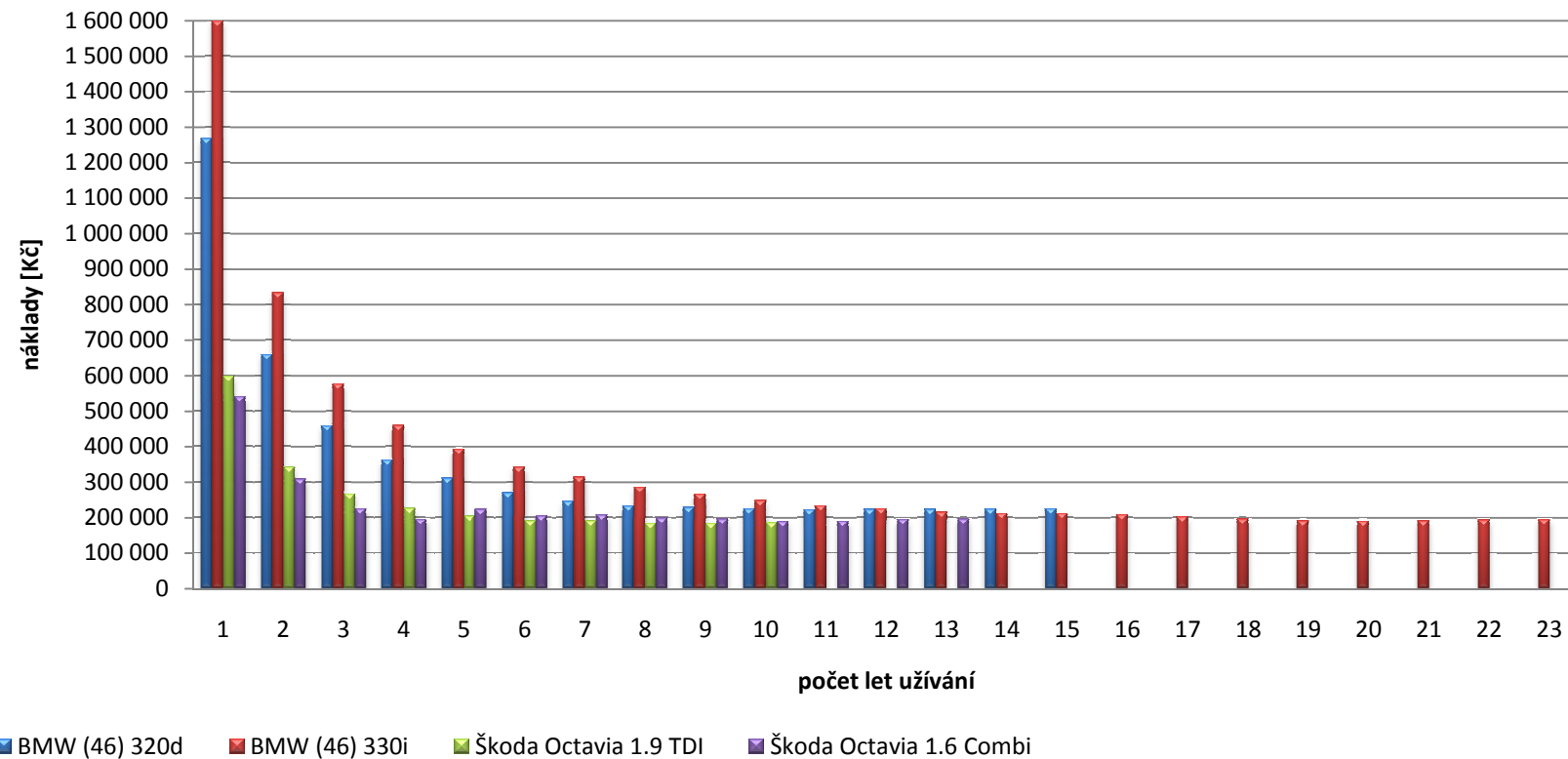
V tabulce 9 je uvedeno, v jakém roce, tj. po kolika letech provozu nastalo adverzní minimum a jeho hodnota pro každý sledovaný automobil.

Tab. 9: Souhrn výsledků podle časového hlediska hodnocených automobilů

automobil	rok	stáří automobilu (rok)	adverzní minimum (Kč)
BMW (E46) 320d	2010	11	222 200
BMW (E46) 330i	2020	20	189 498
Škoda Octavia 1.9 TDI	2007	8	182 850
Škoda Octavia 1.6 Combi	2010	10	188 698

V grafu 5 jsou uvedeny celkové náklady na jednotlivé roky používání všech hodnocených automobilů.

Náklady na provoz automobilů podle let užívání



Graf 5: Souhrnný graf nákladů na provoz automobilů podle let užívání

6.4 Řešení metodou adverzního minima – podle ujeté vzdálenosti

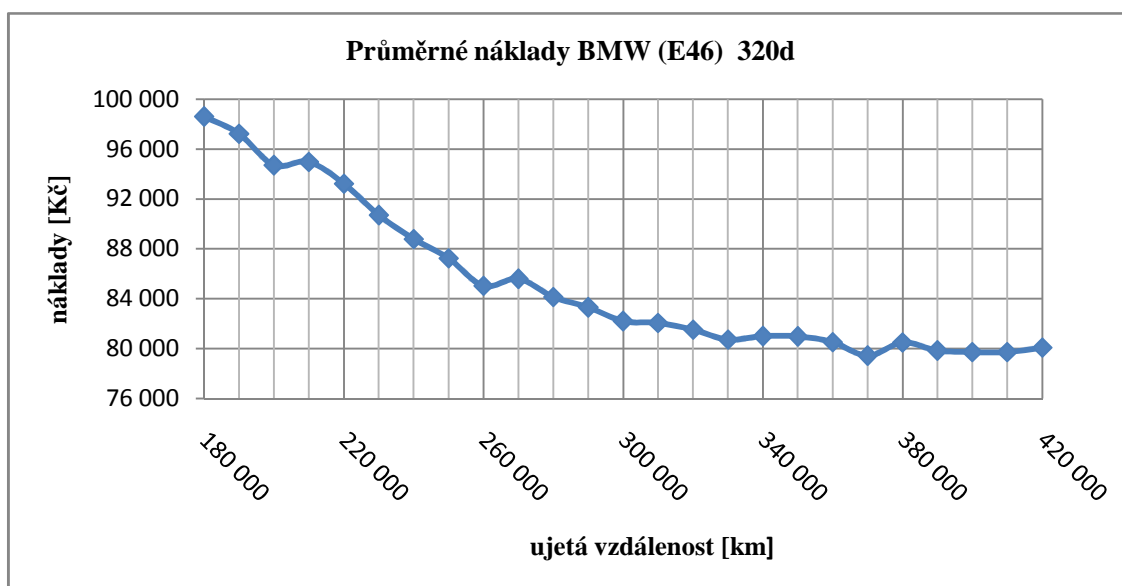
Časová období výpočtu průměrných nákladů jsou v tomto případě vymezena na každých ujetých 10 000 km.

6.4.1 BMW (E46) 320d

Automobil BMW (E46) 320d za dobu provozu najel celkem 227 000 km. Náklady na budoucí provoz automobilu od 227 000 km jsou odhadnuty. Celkové náklady za každých ujetých 10 000 km pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 10. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 6, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů za období vymezená ujetými kilometry. Pro lepší čitelnost a zřetelnost výsledků je začátek grafu 6 posunut až od najetých 180 000 km.

Tab. 10: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu BMW (E46) 320d

celkem najeto (km)	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
10 000	1 234 418	1 234 418	1 234 418
20 000	44 741	1 279 159	639 580
30 000	18 490	1 297 649	432 550
40 000	13 123	1 310 772	327 693
50 000	24 456	1 335 228	267 046
60 000	27 722	1 362 950	227 158
70 000	12 088	1 375 038	196 434
80 000	24 743	1 399 781	174 973
90 000	12 315	1 412 096	156 900
100 000	69 318	1 481 414	148 141
110 000	48 774	1 530 188	139 108
120 000	23 059	1 553 247	129 437
130 000	28 814	1 582 061	121 697
140 000	25 953	1 608 014	114 858
150 000	46 485	1 654 499	110 300
160 000	32 800	1 687 299	105 456
170 000	32 866	1 720 165	101 186
180 000	54 778	1 774 943	98 608
190 000	72 494	1 847 437	97 234
200 000	46 704	1 894 141	94 707
210 000	100 362	1 994 503	94 976
220 000	56 696	2 051 199	93 236
230 000	35 000	2 086 199	90 704
240 000	45 000	2 131 199	88 800
250 000	50 000	2 181 199	87 248
260 000	30 000	2 211 199	85 046
270 000	100 000	2 311 199	85 600
280 000	45 000	2 356 199	84 150
290 000	60 000	2 416 199	83 317
300 000	50 000	2 466 199	82 207
310 000	78 000	2 544 199	82 071
320 000	65 000	2 609 199	81 537
330 000	55 000	2 664 199	80 733
340 000	90 000	2 754 199	81 006
350 000	80 000	2 834 199	80 977
360 000	65 000	2 899 199	80 533
370 000	40 000	2 939 199	79 438
380 000	120 000	3 059 199	80 505
390 000	55 000	3 114 199	79 851
400 000	75 000	3 189 199	79 730
410 000	80 000	3 269 199	79 737
420 000	95 000	3 364 199	80 100



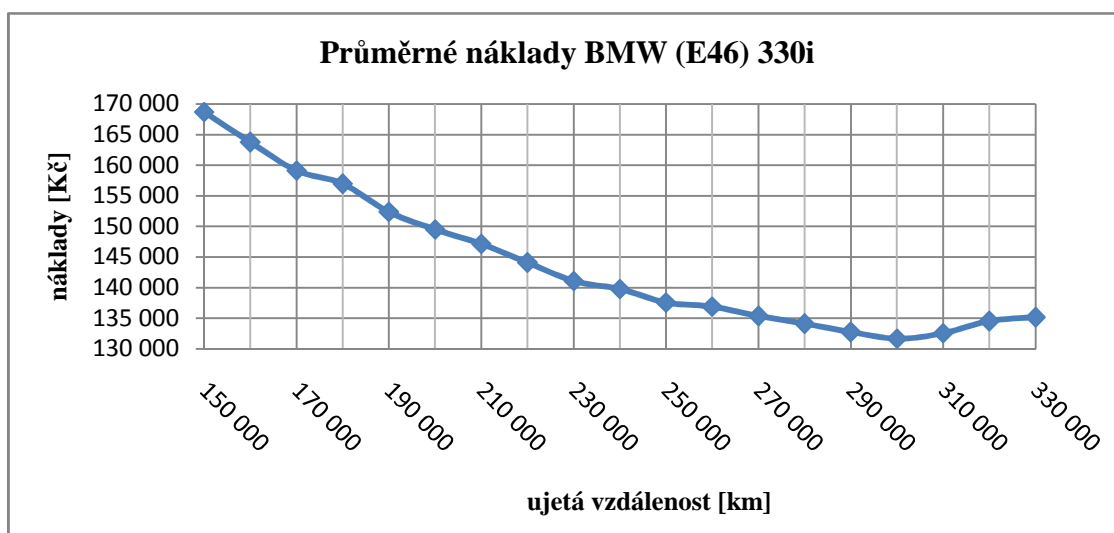
Graf 6: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 320d

6.4.2 BWM (E46) 330i

Automobil BMW (E46) 330i najel za dobu provozu celkem 115 300 km. Náklady na budoucí provoz automobilu od 115 300 km jsou odhadnuty. Celkové náklady za každých ujetých 10 000 km pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 11. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 7, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů v časových intervalech vymezených ujetou vzdáleností. Pro lepší čitelnost a zřetelnost výsledků je začátek grafu 7 posunut až na ujetou vzdálenost 150 000 km.

Tab. 11: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu BMW (E46) 330i

celkem najeto (km)	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
10 000	1 598 621	1 598 621	1 598 621
20 000	46 160	1 644 781	822 391
30 000	58 124	1 702 905	567 635
40 000	25 929	1 728 834	432 209
50 000	78 103	1 806 937	361 387
60 000	73 492	1 880 429	313 405
70 000	81 545	1 961 974	280 282
80 000	59 572	2 021 546	252 693
90 000	93 154	2 114 700	234 967
100 000	72 894	2 187 594	218 759
110 000	56 686	2 244 280	204 025
120 000	60 676	2 304 956	192 080
130 000	75 000	2 379 956	183 074
140 000	80 000	2 459 956	175 711
150 000	70 000	2 529 956	168 664
160 000	90 000	2 619 956	163 747
170 000	85 000	2 704 956	159 115
180 000	120 000	2 824 956	156 942
190 000	70 000	2 894 956	152 366
200 000	95 000	2 989 956	149 498
210 000	100 000	3 089 956	147 141
220 000	80 000	3 169 956	144 089
230 000	75 000	3 244 956	141 085
240 000	110 000	3 354 956	139 790
250 000	85 000	3 439 956	137 598
260 000	120 000	3 559 956	136 921
270 000	95 000	3 654 956	135 369
280 000	100 000	3 754 956	134 106
290 000	95 000	3 849 956	132 757
300 000	100 000	3 949 956	131 665
310 000	160 000	4 109 956	132 579
320 000	195 000	4 304 956	134 530
330 000	155 000	4 459 956	135 150



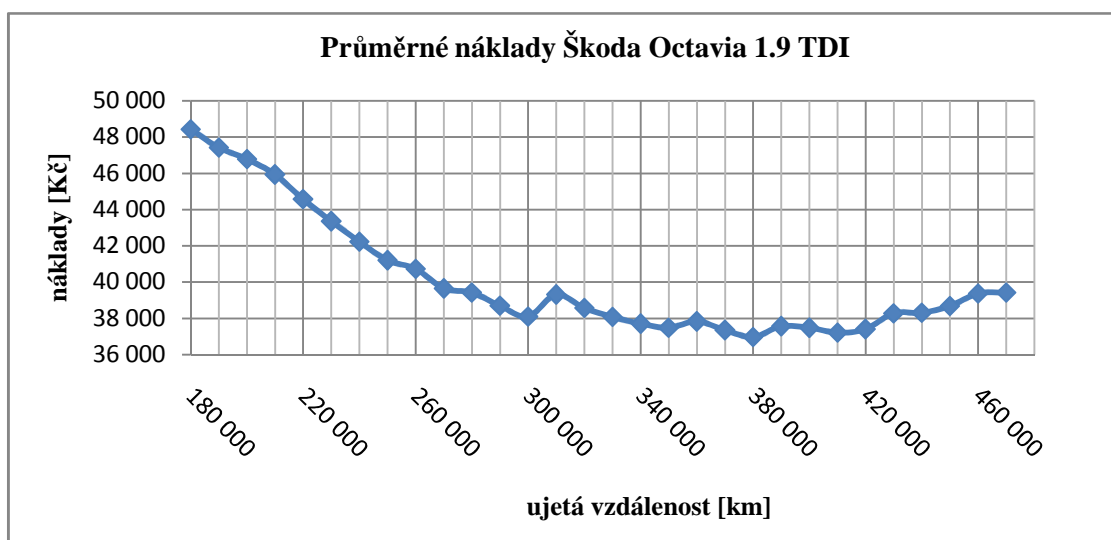
Graf 7: Průměrné náklady na provoz automobilu BMW (E46) 330i

6.4.3 Škoda Octavia 1.9 TDI

Automobil Škoda Octavia 1.9 TDI za dobu provozu najel celkem 329 100 km. Náklady na budoucí provoz automobilu od 329 100 km jsou odhadnuty. Celkové náklady za každých ujetých 10 000 km pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 12. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 8, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů v časových intervalech vymezených ujetou vzdáleností. Pro lepší čitelnost a zřetelnost výsledků je začátek grafu 8 posunut až na ujetou vzdálenost 180 000 km.

Tab. 12: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI

celkem najeto (km)	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
10 000	554 420	554 420	554 420
20 000	27 729	582 149	291 075
30 000	15 261	597 410	199 137
40 000	23 788	621 198	155 300
50 000	14 180	635 378	127 076
60 000	19 485	654 863	109 144
70 000	11 171	666 034	95 148
80 000	12 964	678 998	84 875
90 000	16 887	695 885	77 321
100 000	28 410	724 295	72 430
110 000	29 269	753 564	68 506
120 000	10 196	763 760	63 647
130 000	29 515	793 275	61 021
140 000	20 340	813 615	58 115
150 000	9 489	823 104	54 874
160 000	16 052	839 156	52 447
170 000	16 338	855 494	50 323
180 000	16 159	871 653	48 425
190 000	29 329	900 982	47 420
200 000	34 696	935 678	46 784
210 000	28 849	964 527	45 930
220 000	16 326	980 853	44 584
230 000	16 286	997 139	43 354
240 000	16 547	1 013 686	42 237
250 000	16 215	1 029 901	41 196
260 000	29 178	1 059 079	40 734
270 000	11 371	1 070 450	39 646
280 000	33 535	1 103 985	39 428
290 000	18 440	1 122 425	38 704
300 000	20 377	1 142 802	38 093
310 000	75 740	1 218 542	39 308
320 000	15 763	1 234 305	38 572
330 000	22 497	1 256 802	38 085
340 000	25 000	1 281 802	37 700
350 000	30 000	1 311 802	37 480
360 000	50 000	1 361 802	37 828
370 000	20 000	1 381 802	37 346
380 000	23 000	1 404 802	36 968
390 000	60 000	1 464 802	37 559
400 000	34 000	1 498 802	37 470
410 000	27 000	1 525 802	37 215
420 000	45 000	1 570 802	37 400
430 000	75 000	1 645 802	38 274
440 000	40 000	1 685 802	38 314
450 000	55 000	1 740 802	38 684
460 000	70 000	1 810 802	39 365
470 000	42 000	1 852 802	39 421



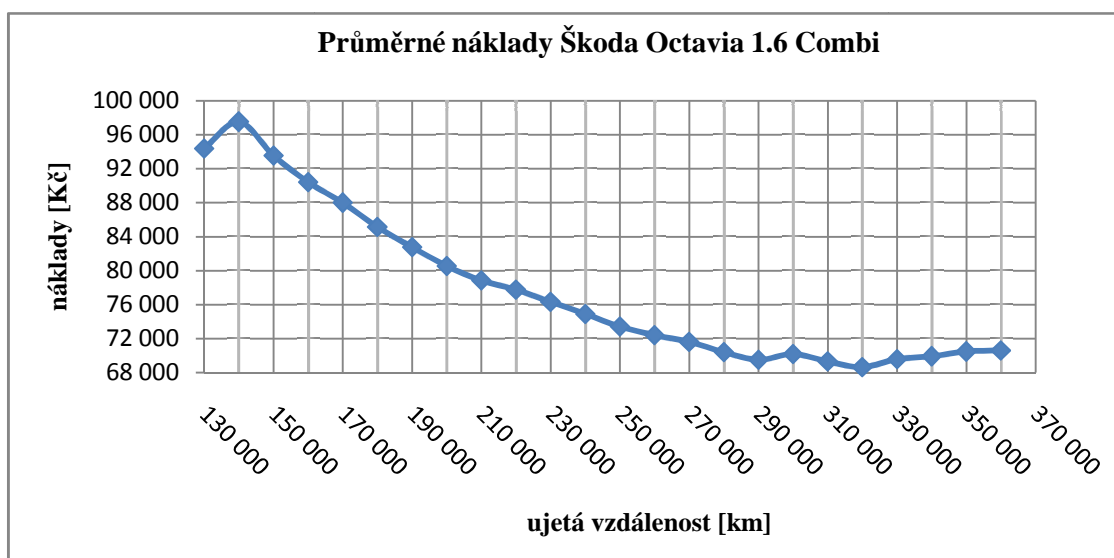
Graf 8: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI

6.4.4 Škoda Octavia 1.6 Combi

Automobil Škoda Octavia 1.6 Combi za dobu provozu najel celkem 175 900 km. Náklady na budoucí provoz automobilu od 175 900 km jsou odhadnuty. Celkové náklady za každých ujetých 10 000 km pro tento automobil jsou uvedeny v tabulce 13. Pro úplnou přehlednost je zde uveden i graf 9, který znázorňuje vývoj průměrných nákladů v časových intervalech vymezených ujetou vzdáleností. Pro lepší čitelnost a zřetelnost výsledků je začátek grafu 9 posunut až na ujetou vzdálenost 130 000 km.

Tab. 13: Celkové náklady po ujetých kilometrech automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi

celkem najeto (km)	celkové náklady (Kč)	celkové kumulované náklady (Kč)	adverzní průměr (Kč)
10 000	585 866	585 866	585 866
20 000	25 845	611 711	305 856
30 000	35 859	647 570	215 857
40 000	26 912	674 482	168 621
50 000	35 179	709 661	141 932
60 000	32 171	741 832	123 639
70 000	31 694	773 526	110 504
80 000	45 697	819 223	102 403
90 000	279 491	1 098 714	122 079
100 000	37 833	1 136 547	113 655
110 000	29 113	1 165 660	105 969
120 000	36 203	1 201 863	100 155
130 000	25 203	1 227 066	94 390
140 000	138 348	1 365 414	97 530
150 000	38 027	1 403 441	93 563
160 000	43 362	1 446 803	90 425
170 000	49 335	1 496 138	88 008
180 000	36 842	1 532 980	85 166
190 000	40 000	1 572 980	82 788
200 000	38 000	1 610 980	80 549
210 000	45 000	1 655 980	78 856
220 000	55 000	1 710 980	77 772
230 000	45 000	1 755 980	76 347
240 000	42 000	1 797 980	74 916
250 000	38 000	1 835 980	73 439
260 000	47 000	1 882 980	72 422
270 000	51 000	1 933 980	71 629
280 000	38 000	1 971 980	70 428
290 000	44 000	2 015 980	69 517
300 000	90 000	2 105 980	70 199
310 000	43 000	2 148 980	69 322
320 000	48 000	2 196 980	68 656
330 000	100 000	2 296 980	69 605
340 000	80 000	2 376 980	69 911
350 000	90 000	2 466 980	70 485
360 000	75 000	2 541 980	70 611



Graf 9: Průměrné náklady na provoz automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi

6.4.5 Souhrn výsledků podle ujeté vzdálenosti

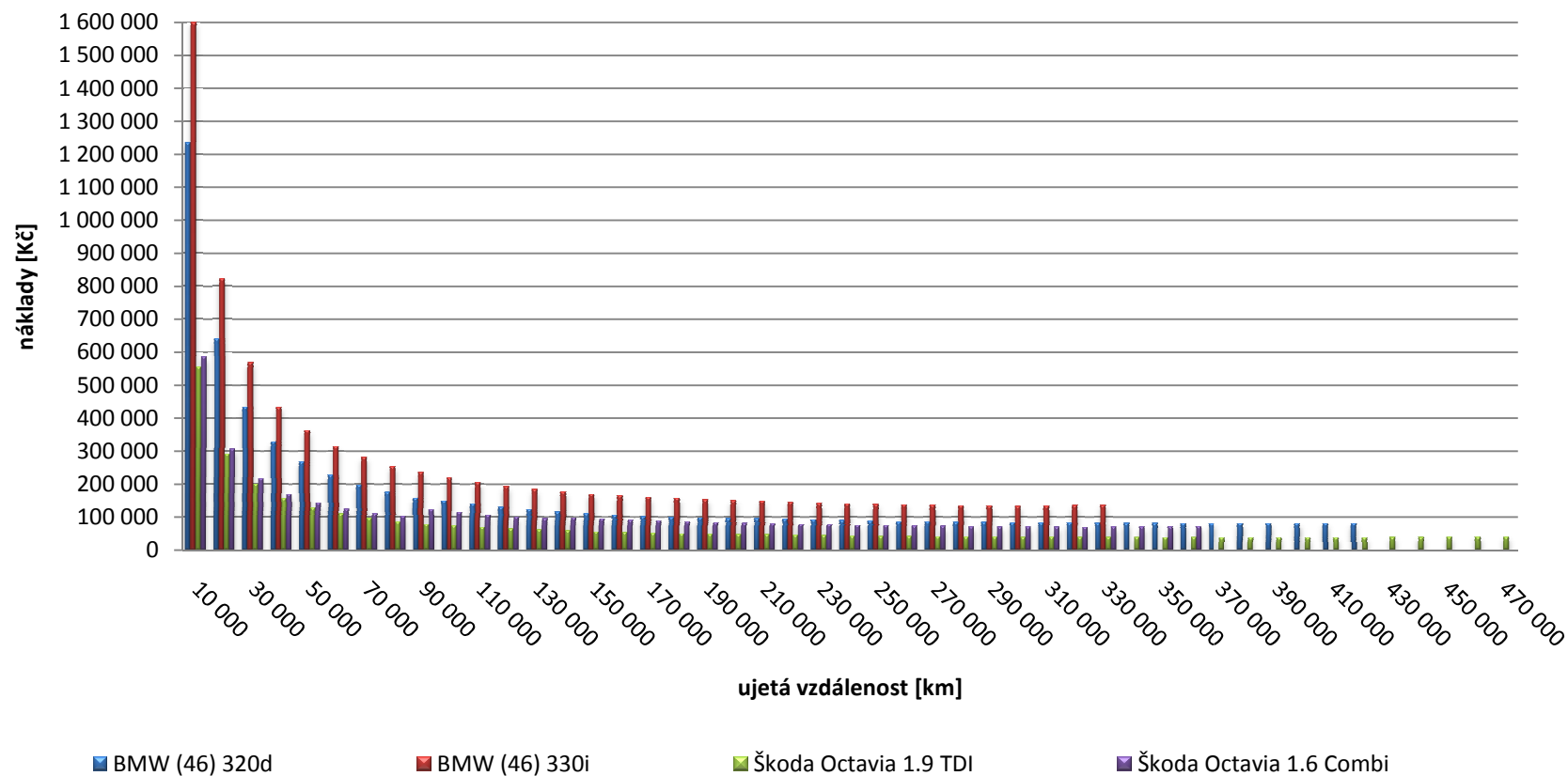
V tabulce 14 je uvedeno, kdy nastalo adverzní minimum s ohledem na ujeté kilometry a stáří automobilu a hodnota adverzního minima pro každý sledovaný automobil.

Tab. 14: Souhrn výsledků podle ujeté vzdálenosti hodnocených automobilů

automobil	ujetá vzdálenost (km)	stáří automobilu (rok)	adverzní minimum (Kč)
BMW (E46) 320d	370 000	13	79 438
BMW (E46) 330i	300 000	21	131 665
Škoda Octavia 1.9 TDI	380 000	8	36 968
Škoda Octavia 1.6 Combi	320 000	11	68 656

V grafu 10 jsou uvedeny celkové náklady na každých ujetých 10 000 km všech hodnocených automobilů.

Náklady automobilu na ujetou vzdálenost



Graf 10: Souhrnný graf nákladů na provoz automobilů podle ujeté vzdálenost

6.5 Analýza výsledků

Výsledky analýzy můžeme porovnat, tj. zjistit, jak spolu souvisí stáří automobilu a intenzita jeho využití. V tabulce 15 jsou uvedeny hodnoty stáří automobilu pro oba zvolené přístupy výpočtu adverzního průměru.

Tab. 15: Souhrn výsledků podle časového hlediska a ujeté vzdálenosti

automobil	rok	stáří automobilu (rok)	ujetá vzdálenost (km)	stáří automobilu (rok)
BMW (E46) 320d	2010	11	370 000	13
BMW (E46) 330i	2020	20	300 000	21
Škoda Octavia 1.9 TDI	2007	8	380 000	8
Škoda Octavia 1.6 Combi	2010	10	320 000	11

U automobilu BMW (E46) 320d nastalo adverzní minimum po 11. letech provozu. Z hlediska ujeté vzdálenosti nastalo adverzní minimum při 370 000 km, což bylo najeto ve 13. roku provozu.

U automobilu BMW (E46) 330i nastalo adverzní minimum po 20. letech používání. Z hlediska ujeté vzdálenosti nastalo adverzní minimum při 300 000 km, a tedy v 21. roku provozu.

U automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI nastalo adverzní minimum po 8. letech provozu. Z hlediska ujeté vzdálenosti nastalo adverzní minimum při 380 000 km v 8. roku provozu.

U automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi nastalo adverzní minimum po 10. letech používání. Z hlediska ujeté vzdálenosti nastalo adverzní minimum při 320 000 km v 11. roku provozu.

Z výsledků je patrné, že stáří automobilu s počtem ujetých kilometrů spolu částečně souvisí. BMW (E46) 330i, u kterého nastalo adverzní minimum nejpozději (20 let), zároveň najelo nejnižší počet kilometrů. U Škody Octavie 1.6 Combi mohl mít vliv na menší ujetou vzdálenost fakt, že automobil v pátém roce provozu havaroval a musel být nákladně opravován. Při standardním provozu by adverzní minimum u tohoto automobilu nejspíš nastalo přibližně při stejné ujeté vzdálenosti jako u dalších automobilů (BMW (E46) 320d v 11. roce provozu a ujetých 370 000 km a Škoda Octavia 1.9 TDI v 8. roce provozu a ujetých 380 000 km). Lze konstatovat, že kdyby byly automobily využívány se stejnou intenzitou po celou dobu provozu, pak by byly

výsledky podle obou postupů obdobné. Z tohoto plyne, že s rostoucí intenzitou využití automobilu se zkracuje doba, kdy bude jeho provoz ekonomicky efektivní.

Z výsledků plyne, že pokud je automobil využíván s větší intenzitou, jsou jeho celkové provozní náklady relativně nižší. Důvodem je fakt, že se menší měrou promítají do provozních nákladů takové položky, jako povinné pojištění vozidla a poplatky spojené s používáním placených silnic a dálnic. Dalším důležitým faktem je, že některé součástky se i při nižší intenzitě provozu porouchají vlivem stárnutí a musí se vyměnit, i když ještě nebylo najeto tolik kilometrů, kterou jsou schopny vydržet. Automobil musí dále pravidelně procházet technickou prohlídkou a musí se měnit provozní kapaliny v závislosti na ročním období. I tyto nákladové položky zvyšují celkové náklady v závislosti na stáří a bez ohledu na využití automobilu.

Z předchozích úvah plyne, že u automobilu, který je využíván s vyšší intenzitou, jsou jeho celkové provozní náklady relativně nižší. Příkladem může být automobil Škoda Octavia 1.9 TDI, který má nižší náklady v porovnání se Škodou Octavia 1.6 Combi. Automobil BMW (E46) 330i byl využíván s nižší intenzitou než BMW (E46) 320d a náklady na provoz jsou vyšší.

7 Závěr

Bakalářská práce je zaměřena na určení optimální doby náhrady osobního automobilu pomocí metody adverzního minima. K určení adverzního minima využijeme náklady životního cyklu – náklady na pořízení, provoz a údržbu. Adverzní průměry byly v této práci kalkulovány za dílčí období stanovená dvojím způsobem. U prvního jsou časové intervaly provozu automobilu vymezeny podle jeho stáří, tj. bez ohledu na intenzitu provozu, druhý způsob vymezuje časové intervaly v závislosti na frekvenci provozu (ujeté vzdálenosti). Metoda adverzního minima byla aplikována pro údaje provozních nákladů dvou automobilů BMW a dvou automobilů Škoda Octavia se vznětovým a zážehovým motorem.

Náklady, uplatněné v této bakalářské práci, jsou uvedeny v sešitu Microsoft Excel. Výsledky hodnocení jsou prezentovány v tabulkové i v grafické formě.

Porovnáváme-li optimální dobu náhrady z obou sledovaných hledisek, jsou výsledky nepatrně odlišné. Optimální doba náhrady u sledovaných automobilů nastává dříve podle časového hlediska, při kterém není brána v úvahu intenzita provozu. Důvodem může být fakt, že je více oprav soustředěno do jednoho období a kvůli tomu nastane doba náhrady automobilu dříve než z hlediska intenzity provozu (ujeté vzdálenosti), které vychází na kratší časové období. Jedinou výjimkou je Škoda Octavia 1.9 TDI, u které vychází doba náhrady na stejný rok provozu podle obou hledisek. Důvodem může být skutečnost, že tento automobil byl využíván s nejvyšší intenzitou provozu.

Důležitým faktorem určení optimální doby náhrady je intenzita provozu automobilu. U automobilu, který je provozován s větší intenzitou, nastane optimální doba jeho náhrady dříve, než je určeno podle stáří a náklady na provoz jsou relativně nižší, než kdyby automobil měl najeto stejný počet kilometrů za delší dobu.

Za přesnější lze považovat určení optimální náhrady automobilu s přihlédnutím k frekvenci jeho provozu (počtu najetých kilometrů). Proto optimální doba náhrady osobního automobilu by měla být určena podle tohoto hlediska.

8 Seznam literatury

- [1] prof. Ing. Václav Legát, DrSc.: Analýza nákladů životního cyklu (LCC), VERLAG DASHÖFER Praha (2005), ISBN 80-86229-19-X.
- [2] Ing. Hana Čermáková, CSc.: Ekonomika spolehlivosti a rizika – Management spolehlivosti.
- [3] Ing. Pavel Fuchs, CSc.: Základy spolehlivosti IX - SW prostředky užívané k analýze spolehlivosti.
Dostupné z WWW: <http://risk.rss.tul.cz/vyuka/vyucovane-predmety/rjs-rizeni-jakosti-a-spolehlivosti-1/materialy-ke-stazeni/14-RJS_Spolehlivost9.pdf/view>.
- [4] *Spolehlivost a životní cyklus vozidel* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2010-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://homel.vsb.cz/~krz011/1kapitola.pdf>>.
- [5] Balbir S. Dhillon: Life Cycle Costing for Engineers, 2009, ISBN:14-39816-88-3.
- [6] *E46.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-16]. BMW e46. Dostupné z WWW: <<http://www.e46.cz/>>.
- [7] *Škoda Auto Česká republika* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Škoda Octavia. Dostupné z WWW: <<http://www.skoda-auto.cz/CZE/Pages/home.aspx>>.
- [8] *E-Shop Auto Kelly, a.s.* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Náhradní díly. Dostupné z WWW: <<http://www.autokelly.cz/>>.
- [9] *BMW 3' E46 parts catalog* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. BMW 3' E46 parts catalog. Dostupné z WWW: <<http://bmwfans.info/parts/catalog/E46/>>.

- [10] *Český statistický úřad* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Ceny pohonných hmot 1995-2009. Dostupné z WWW: <http://www.czso.cz/csu/dyngrafy.nsf/graf/pohonne_hmoty_1995_>.
- [11] *České dálnice* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Dálniční známky. Dostupné z WWW: <<http://www.ceskedalnice.cz/pro-ridice/dalnicni-znamky#ceny>>.
- [12] *Dekra automobil a.s.* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Stanice Technické Kontroly STK Rychnov. Dostupné z WWW: <<http://www.usmd.cz/stk/3645/index.php?page=cenik-jestetice>>.
- [13] *Stratos Auto s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. BMW Hradec Králové servis prodej nových a použitých vozů. Dostupné z WWW: <<http://www.bmwhk.cz/>>.
- [14] *ŠKODA OCTAVIA* [online]. 2008 [cit. 2010-05-18]. Náhradní díly Škoda Octavia. Dostupné z WWW: <<http://www.skodadily.cz/nahradni-dily-skoda-octavia.php>>.
- [15] *NH Car, s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2010-05-18]. Přední autorizovaný prodejce a servis vozů Škoda, VW, KIA a Fiat. Dostupné z WWW: <<http://www.nhcar.cz/>>.

Seznam příloh

Příloha A: Obsah CD

Příloha B: Rozdělení celkových nákladů

Příloha A: Obsah CD

Adresář BP2010 – Vlastní text bakalářské práce ve formátu *.docx

Adresář BP2010 – Vlastní text bakalářské práce ve formátu *.pdf

Adresář Tabulky_grafy – Tabulky a grafy ve formátu*.xlsx

Příloha B: Rozdělení celkových nákladů

Celkové náklady jsou rozděleny na jednotlivé nákladové položky. Rozdělení nákladů na jednotlivé položky (viz. kapitole 6.2).

BMW (E46) 320d

V tabulce 16 jsou uvedeny jednotlivé nákladové položky automobilu BMW (E46) 320d za roky jeho používání. Náklady jsou uvedeny od roku 2000 až do roku 2009.

Tab. 16: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu BMW (E46) 320d

rok	provozní náklady (Kč)	náklady na preventivní údržbu (Kč)	náklady po poruše (Kč)	pořizovací náklady (Kč)
2000	29 660	2 231	0	1 235 600
2001	46 241	5 171	0	0
2002	42 537	13 721	0	0
2003	39 614	5 171	25 840	0
2004	44 961	17 573	34 550	10 500
2005	50 174	5 051	9 950	0
2006	52 803	16 191	32 750	0
2007	51 685	3 471	83 130	0
2008	56 712	17 714	110 220	11 600
2009	13 464	0	7 950	0

BMW (E46) 330i

V tabulce 17 jsou uvedeny jednotlivé nákladové položky automobilu BMW (E46) 330i za roky jeho používání. Náklady jsou uvedeny od roku 2001 až do roku 2008.

Tab. 17: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu BMW (E46) 330i

rok	provozní náklady (Kč)	náklady na preventivní údržbu (Kč)	náklady po poruše (Kč)	pořizovací náklady (Kč)
2001	42 890	1 931	0	1 553 800
2002	57 708	9 410	0	0
2003	57 324	871	4 900	0
2004	62 285	22 747	23 575	0
2005	64 143	1 931	43 000	15 460
2006	67 013	9 471	12 900	0
2007	69 003	28 363	43 300	0
2008	55 056	0	13 875	0

Škoda Octavia 1.9 TDI

V tabulce 18 jsou uvedeny jednotlivé nákladové položky automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI za roky jeho používání. Náklady jsou uvedeny od roku 2000 až do roku 2006.

Tab. 18: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu Škoda Octavia 1.9 TDI

rok	provozní náklady (Kč)	náklady na preventivní údržbu (Kč)	náklady po poruše (Kč)	pořizovací náklady (Kč)
2000	40 678	5 731	0	551 000
2001	68 259	17 871	0	0
2002	61 107	14 371	34 800	4 000
2003	66 330	17 871	12 964	6 000
2004	72 160	19 231	22 050	4 600
2005	80 808	12 871	23 100	7 000
2006	47 764	14 860	45 700	5 200

Škoda Octavia 1.6 Combi

V tabulce 19 jsou uvedeny jednotlivé nákladové položky automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi za roky jeho používání. Náklady jsou uvedeny od roku 2001 až do roku 2008.

Tab. 19: Náklady rozdělené na jednotlivé složky automobilu Škoda Octavia 1.6 Combi

rok	provozní náklady (Kč)	náklady na preventivní údržbu (Kč)	náklady po poruše (Kč)	pořizovací náklady (Kč)
2001	11 889	1 931	0	526 400
2002	48 855	4 371	0	22 000
2003	51 165	5 871	2 000	0
2004	84 768	9 371	1 000	10 000
2005	69 933	10 431	245 000	10 000
2006	99 710	9 371	3 000	0
2007	97 306	10 431	102 000	10 000
2008	45 677	3 500	6 000	10 000